

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- ~~BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS~~
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
**Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

PUBLICATION NUMBER : 10074730  
 PUBLICATION DATE : 17-03-98

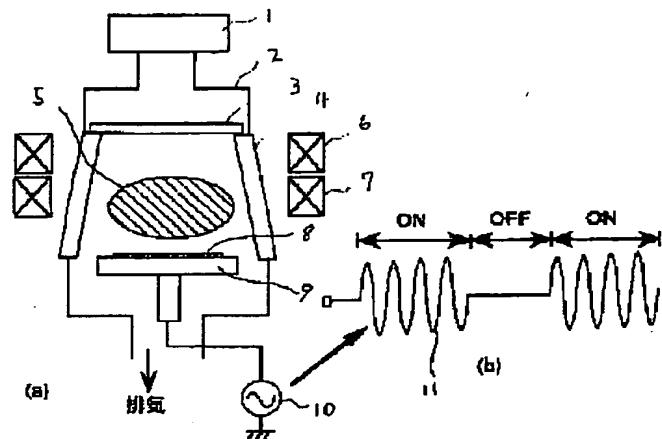
APPLICATION DATE : 30-08-96  
 APPLICATION NUMBER : 08229715

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : GOTO YASUSHI;

INT.CL. : H01L 21/3065 C23C 16/50 C23F 4/00  
 H01L 21/205

TITLE : SURFACE TREATMENT DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the frequency of exchanging sample bases and to get a high speed of treatment by limiting an electromagnetic wave frequency of a plasma power source to be in a specific range and by modulating a bias power source.

SOLUTION: An electromagnetic wave having a frequency of over 100MHz below 1.2GHz is introduced from a plasma power source 1 into a vacuum vessel 4 via a waveguide 2 and an introducing window 3. A magnetic field strength of electromagnets 6 and 7 is set at 325 gauss and an energy of the electromagnetic wave is supplied to the plasma and made to be plasma with high density to make the cyclotron movement of electrons in the plasma 5 resonant with the frequency of the electromagnetic wave at this set magnetic field strength. At the same time a bias power source 10 which connects ions in the plasma with a sample base 9 is modulated to impress to a sample 8 and the sample base 9 and to accelerate. By the means a frequency of replacing the sample base 9 can be reduced and treatment speed can be increased.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51) Int.Cl. <sup>®</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 21/3065			H 01 L 21/302	B
C 23 C 16/50			C 23 C 16/50	
C 23 F 4/00			C 23 F 4/00	A
H 01 L 21/205			H 01 L 21/205	

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 6 頁)

(21)出願番号	特願平8-229715	(71)出願人	000005108
(22)出願日	平成8年(1996)8月30日	株式会社日立製作所	東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
		(72)発明者	小野 哲郎 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸工場内
		(72)発明者	横川 賢悦 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72)発明者	小藤 直行 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(74)代理人	弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

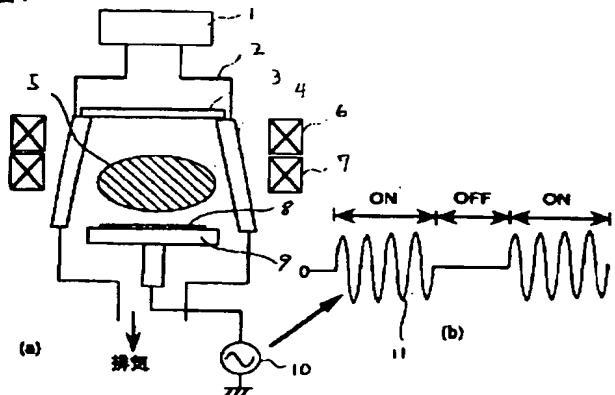
## (54)【発明の名称】 表面処理装置

## (57)【要約】

【課題】本発明の目的は、プラズマ用電源の周波数が100MHz以上1.2GHz以下の電子サイクロトロン共鳴を用いた表面処理装置で特に電極の消耗が問題となる。

【解決手段】プラズマを用いる表面処理装置で、イオンを加速するためのバイアス電源を変調し、イオンが加速されるサイクルとイオンが加速されないサイクルを設けた。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】内部を真空中に排氣できる容器と容器内に試料を設置する試料台と容器内にプラズマを発生させるプラズマ用電源と試料台に電圧を印加するバイアス電源と容器内に磁場を形成する磁石とからなる装置において、プラズマ用電源の電磁波の周波数を100MHz以上1.2GHz以下としてかつ、バイアス電源に変調をかけたことを特徴とする表面処理装置。

【請求項2】請求項1のバイアス電源の変調は、電源出力の周波数をラジオ波領域にしてかつそれを間欠状にすることである表面処理装置。

【請求項3】請求項1のバイアス電源の変調は、電源出力をパルス状にしたことである表面処理装置。

【請求項4】請求項1においてプラズマ電源が間欠状に制御されておりかつ、間欠制御されているバイアス電源と同期がとられていることを特徴とする表面処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体素子の表面処理装置にかかわり、特にプラズマを用いて半導体表面のエッチングや成膜を行なう装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体素子のエッチングや成膜に現在広く用いられている装置は、プラズマを利用する装置である。その1つに、ECR(電子サイクロトロン共鳴)方式と呼ばれている装置がある。この方式では、外部より磁場を印加した真空容器中でマイクロ波によりプラズマを発生させる。磁場により電子はサイクロトロン運動をし、この周波数とマイクロ波の周波数を共鳴させることで効率良くプラズマを発生できる。また磁場によりプラズマの壁への拡散が抑えられ、高密度のプラズマが発生できる。試料に入射するイオンを加速するために試料にはバイアス電圧が印加される。プラズマとなるガスには例えばエッチングを行なう場合には塩素やフッ素などのハロゲンガスが用いられる。エッチングのほかに膜の堆積などにもこの装置は使われている。

【0003】この装置では従来から色々な型が提案されており、例えば特開昭53-44795にてプラズマの発生電源の周波数を2.45GHzとした例が知られている。さらに特開平2-16731にはプラズマ発生電源の周波数を2GHz以下100MHz以上とした例が知られている。

【0004】公知例の装置では、高密度のプラズマが発生できるのでエッチングなどの処理速度が速い利点がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年の半導体素子の製造工程ではクリーンルームの維持費用の増大により、製造装置には高いコストパフォーマンスが従来以上に要求されるようになっている。これを実現するために、装置には小形で低消費電力等が要求されるが、特に部品の交

換などのメンテナンスの頻度が極力少ないことが重要となる。

【0006】特に、プラズマ発生電源の周波数帯域が100MHz以上1.2GHz以下の領域でのECR(電子サイクロトロン共鳴)方式プラズマは、従来から多く用いられている2.45GHzのECRプラズマより約2倍程度高いプラズマ密度が得られるために、試料のエッチング速度は高速であるものの、試料台がプラズマ中のイオンの入射によりスパッタされて消耗が激しいために試料台の交換頻度が高くなるという新たな問題点が、我々の研究で判明した。

【0007】本発明の目的はこの新たな課題を解決して、試料台交換の頻度が少なくかつ処理速度が高速な表面処理装置を提供することである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】試料に印加するバイアス電源の出力を間欠的にするあるいはパルス状にするなどして、バイアス電源に変調をかけた。

【0009】図2(a)にプラズマ中のイオン12にさらされている試料台9とその上に置かれている試料8近傍の図を示す。図2(b)は試料台9に印加されるバイアス電源10の電圧波形で連続的な出力を表す。試料台9はほとんどの装置において、アルミナ、窒化シリコンなどのセラミックあるいは石英などでできている。これらの物質はエネルギーの高いイオンの入射によりスパッタされ削られる。スパッタ速度はイオンの数に比例するので高密度プラズマでは試料台の消耗が速くなる。これが周波数帯域が100MHz以上1.2GHz以下の領域でのECRプラズマを用いた装置で、試料台9の消耗が激しい理由である(点線で表されている部分が消耗した部分を表す)。

20 20 イオン12は試料台に印加されるバイアス電源10の電圧により加速され試料8及び試料台9に入射する。試料台9にバイアスを印加しないと、イオンは加速されず、エネルギーが低いので試料台のスパッタはなくなる。

【0010】そこで図3(c)に示すように試料台に印加するバイアスを例えば間欠的にオンオフすると、バイアスオンでイオン12が試料台9に入射して試料台がスパッタされるが(図3(a))、バイアスオフではイオンが加速されないのでスパッタされず(図3(b))、連続的にバイアスをかけた場合と比較して試料台の崩れ量はバイアスがオンオフされる1周期中のオン時間に比例する。

【0011】一方、加工対象である試料は次に説明するようにバイアスのオフ時間が生じてもエッチング速度はそれに比例して遅くならない。図4はプラズマ中の試料8の断面を拡大した図である。試料8は通常Siなどの半導体あるいはAl,Wなどの金属で、エッチングを行わない部分はレジスト14でおおわれている。半導体や金属などの試料8では、プラズマ中で生成した塩素やフッ素などのハロゲンの活性ラジカル13が試料8に吸着してそこにイオン12が入射し、そのエネルギーで化学反

応が促進しエッチングされる。これをイオンアシストエッチングと呼ぶ。イオンアシストエッチングではエッチング速度は加速されたイオン12の量とともに試料に吸着するラジカル13の量にも依存する。そしてラジカル13の吸着はイオン加速がない、すなわちバイアスがオフの方が効率的に起こる。従って、図4(a)に示すように、バイアスオフの時に効率的にラジカル13が試料8に吸着する。次に図4(b)のようにバイアスオンの時にイオン13が加速されて試料8に入射して効率的に化学反応が生じ、エッチングが進行する。試料がシリコン酸化物のような場合でも試料台をアルミナなどのよりイオンアシストエッチされにくいものにすることで、試料のエッチング速度の低下を抑えてかつ試料台のスパッタを抑えることができる。

【0012】以上の作用により、試料に印加するバイアスをオンオフすると、試料台の削れ量だけが少なくなり試料のエッチング速度はそれほど小さくならない。従って、試料の処理速度を落とさずに試料台の消耗を減らし、試料台交換のメンテナンス頻度を少なくすることができる。

### 【0013】

#### 【発明の実施の形態】

(実施例1) 以下実施例を図1により説明する。図1(a)はプラズマエッチング装置の全体構成図である。プラズマ用電源1から導波管2と導入窓3を介して真空容器4内に電磁波が導入される。電磁波の周波数は915MHzであり、真空容器4の材質は金属で内面に絶縁コーティングしてある。導入窓の材質は石英、窒化シリコン、セラミックなど電磁波を透過する物質である。電磁石6、7の磁場強度は325Gaussである。この磁場強度でプラズマ5中の電子のサイクロトロン運動が電磁波の周波数と共に鳴るために、効率よく電磁波のエネルギーがプラズマに供給され高密度のプラズマができる。この周波数領域で従来多く用いられている2.45GHzのマイクロ波よりも約2倍高いプラズマ密度が得られ、エッチング速度もそれに従い高くなる。試料8は試料台9の上に設置される。試料に入射するイオンを加速するために、バイアス電源10が試料台9に接続されている。通常バイアス電源の周波数は20MHz以下にする。図1(b)はバイアス電源10の電圧波形11を示す。本発明に従い、電圧はある適当な間隔でオンオフされる。

【0014】この装置で半導体素子の配線材料に多く用いられるアルミニウムをエッチングした結果を次に述べる。エッチングのガスにはCl2とBCl3の混合ガスを用いた。真空容器4内部の圧力を2Paとした。プラズマ用電源1の出力を600Wとした。バイアス電源10の出力は80Wで、周波数は800KHz、オンオフの繰り返し周波数は1KHzでオン時間とオフ時間の比を50%とした。このときアルミニウムのエッチ速度は1.2  $\mu\text{m}/\text{min}$  であった。この値はバイアス電源を連続出力とした場合より1

0%低い値ではあるが、電極の消耗量は、バイアス電源を連続的にした場合と比較して約2分の1に抑えられた。さらにこれらの値を従来の2.45GHzのプラズマ用電源を用いた場合と比較すると、エッチ速度は約1.5倍で電極消耗量は同程度であった。すなわち本発明により装置のスループットが上がる。

【0015】次に、バイアス電源10のオンオフ時間比を述べる。電極9の消耗量はオン時間にはほぼ比例するのでオン時間を短くした方が電極寿命は長くなる。しかし、図5に示すようにオン時間があまり短くなるとエッチ速度が低下する。1サイクル中にオン時間が占める割合の最適値は10%から60%である。

10

【0016】(実施例2) 次に本発明のさらなる効果を述べる。本実施例では装置構成は図1と同じで、ガスに希ガスを加えて、たとえばAr(100cc)+Cl2(80cc)+BCl3(20cc)とする。圧力を実施例1と同じ2Paとすると、塩素ラジカルの量はArが混合した分減少して、イオンはアルゴンイオンが多くを占めるようになる。このガス系ではClやBの割合が減少するので真空容器4の腐食や汚れが少なくなる。従って、清掃メンテナンスの頻度が少なくなる利点がある。一方、図4に示すようにバイアス電源をオンオフすることにより、オフのサイクルで塩素ラジカル13を十分に試料8に吸着(図4(a))させた後に、バイアス電源をオンしてイオンアシストエッチング(図4(b))できるので、希ガスを添加することによるエッチ速度の低下を抑えることができる。

20

【0017】(実施例3) 図6はプラズマ用電源14とバイアス電源19を変えた実施例である。この実施例ではプラズマ用電源14として500MHzの周波数を用いている。かつバイアス電源19はパルス状に変調してある。電磁波を真空容器4に導入する手段として同軸ケーブル15と円盤状アンテナ16を用いている。容器上蓋18は同軸線15を真空中に導入する部分である。アンテナ16の前面にはアンテナの消耗を防ぐための石英板17が置かれている。この石英板17の厚さはアンテナから放射される電磁波を透過する様に調整されている。同軸ケーブル15は導波管より小型である利点がある。バイアス電源19の出力を図6(b)のようにパルス状にすると、正のパルスオンで電子が試料8に入射して、パルスオフでイオンが入射する。イオンは電子を中和するために同じ量入射するので、オフのサイクルを長くするとイオンが加速されなくなる時間が生じる。このために図3で述べたように試料台がスパッタされず、装置のメンテナンス性が上がる。

30

【0018】なお、プラズマ用電源14からの電力導入法とバイアス電源のオンオフ方法の組み合わせは任意で、以上の実施例に限らない。

40

【0019】(実施例4) 図7は、図1あるいは図6に示す装置のバイアス電源の出力波形の別実施例で、数百KHzから数十MHzの高周波電圧21を数KHz程度の変調波

50

22で振幅変調したものである。このバイアス電源でも、振幅が小さいときにイオンの加速がなくなり、作用で述べたように電極寿命が延びる。

【0020】(実施例5)図8は別実施例で、プラズマ用電源23もオンオフ変調した装置である。プラズマ用電源の周波数は915MHzで、バイアス電源10は2MHzである。両者を1KHzの周波数でオンオフしてかつ両者を同期させている。プラズマ用電源23をオンオフするとオフ期間にイオンとラジカル量がある時定数で減衰する。その期間にあわせて同期をとり、バイアス電源の出力11をオン、のタイミングは図8(b)のようにプラズマ用電源23の出力24がオフする少し前からバイアス電源10をオンすると、試料8に入射するイオンとラジカル量のより細かい調整が可能となり、条件あわせに自由度が増加する利点がある。

【0021】

【発明の効果】以上のように、本発明では高密度プラズマを用いたドライエッティング装置でイオンのスパッタによる電極の消耗を低減することができる。したがって、装置の試料台交換のメンテナンスに頻度を減らすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明を適用したエッティング装置の構成図であり、(b)はバイアス電源10の出力波形である。

【図2】(a)はエッティング装置の試料台近傍の拡大図であり、(b)は従来方式のバイアス電源10の電圧波形を示す。

【図3】(a)はエッティング装置の試料台近傍の拡大図でバイアスオンの際の状態を示し、(b)はバイアスオフの際の状態を示し、(c)は本発明によるバイアス電源10の電圧波形を示す。

【図4】(a)は試料台上の試料断面の拡大図でバイアスオフ時の状態を示し、(b)はバイアスオン時の試料断面図の状態を示し、(c)は本発明によるバイアス電源10の電圧波形を示す。

【図5】試料(メタル)のエッティング速度と試料台の削れ速度を表す。

【図6】(a)は本発明を適用した500MHzのプラズマ電源を用いたエッティング装置の構成図であり、(b)はパルス状に変調した電源19のバイアス出力波形である。

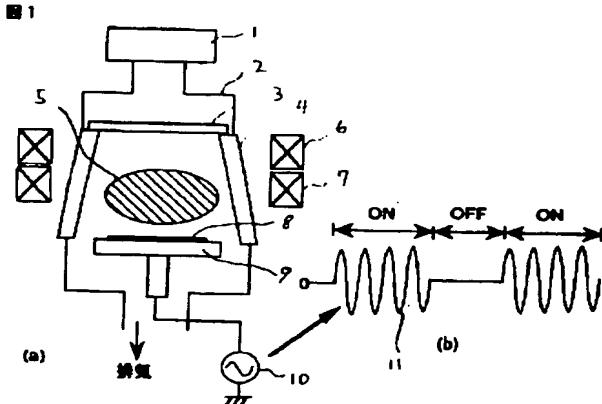
【図7】試料台に印加するバイアス電圧の波形の別の例を示す。

【図8】(a)は本発明を適用したエッティング装置の構成図であり、(b)はバイアス出力波形とプラズマ用電源をオンオフ変調した実施例を示す。

【符号の説明】

1…プラズマ用電源、2…導波管、3…導入窓、4…真空容器、5…プラズマ、6…磁石、7…磁石、8…試料、9…試料台、10…バイアス電源、11…電圧波形、12…イオン、13…ラジカル、14…レジスト、15…同軸ケーブル、16…アンテナ、17…石英板、18…容器上蓋、19…バイアス電源、20…電圧波形、21…高周波電圧、22…変調波、23…プラズマ用電源、24…電磁波出力波形。

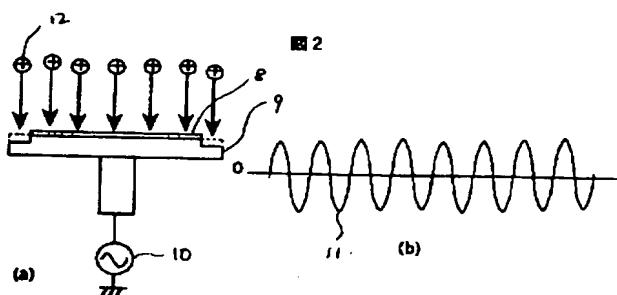
【図1】



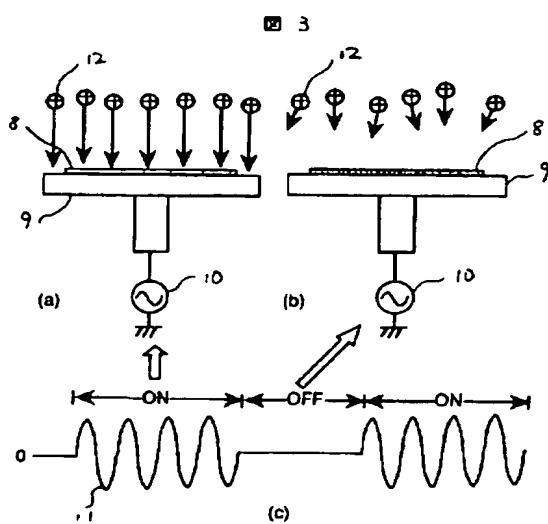
【図7】



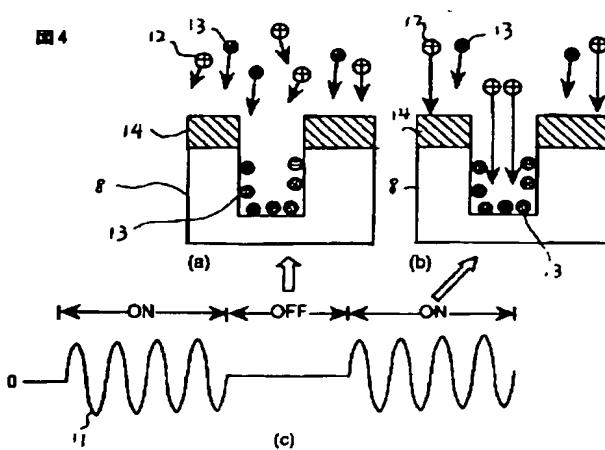
【図2】



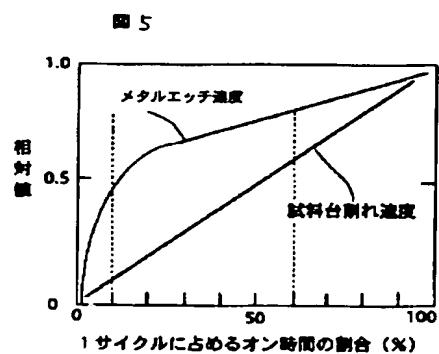
【図3】



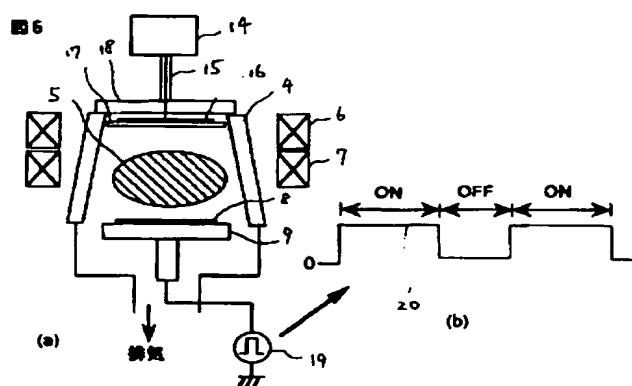
【図4】



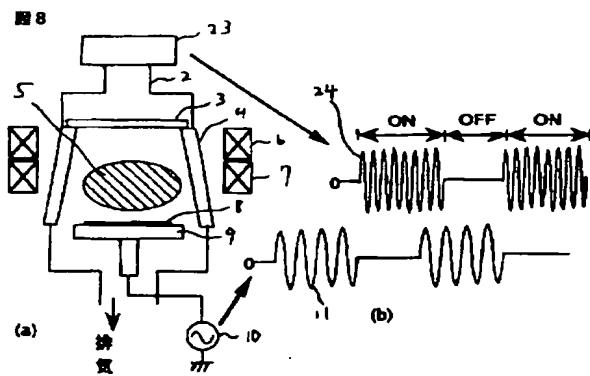
【図5】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 後藤 康

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内